

STUDI TENTANG PEMROSESAN TEPUNG SORGUM TERFOSFORILASI DAN APLIKASINYA PADA BERBAGAI ADONAN PASTRI

Ummi Rohajatien

Abstract: Sorghum is a potential alternative food source to be developed. The objective of the research is. (1) to know the effects of the treatment of STTP concentration and duration of phosphorylation process to functional properties of sorghum flour; and (2) to know the comparison on both the physical and organoleptic quality of pastry product using basic material of phosphorylated sorghum and wheat flour. The research uses factorial randomized block design with 2 factors. T-Test is used to know both comparison on physical and organoleptic quality of pastry product by using basic material of phosphorylated sorghum and wheat flour. The result of T-test to the physical quality parameters of cake and pancake (cutting power, texture and color lightness) was significantly different for the alpha 0,05. On the other hand, organoleptic quality parameters (appearance, taste, flavor, smoothness, softness and color) were not significantly different. In addition, for cookies physical quality parameters (broken power, texture, and color) were significantly different. On the contrary, for organoleptic quality parameters, they were not significantly different.

Abstrak: Sorgum merupakan sumber makanan alternatif sangat potensial untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan: (1) mengetahui pengaruh perlakuan konsentrasi STTP dan lamanya proses fosforilasi pada sifat fungsional pada tepung sorgum; dan (2) mengetahui perbandingan kedua kualitas organoleptik dan fisik produk pastri dengan menggunakan bahan dasar tepung terigu sorgum terfosforilasi. Penelitian menggunakan rancangan blok acak faktorial dengan 2 faktor. T-test digunakan untuk mengetahui kedua perbandingan pada sifat fisik dan organoleptik produk pastri dengan menggunakan sifat dasar tepung terigu dan sorgum terfosforilasi. Hasil dari T-test pada parameter kualitas fisik cake dan kue dadar berbeda secara nyata pada alpa 0,05. Parameter kualitas organoleptik tidak berbeda nyata. Parameter kualitas fisik *cookies* tidak berbeda nyata. Parameter kualitas organoleptik, semuanya tidak berbeda nyata.

Kata-kata kunci: sorgum, fosforilasi, penerapannya

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) adalah serealia yang unik karena mempunyai toleransi dan adaptasi yang tinggi terhadap kekeringan (musim kemarau)

Ummi Rohajatien adalah Dosen Jurusan Teknologi Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Kampus: Jl. Semarang 5 Malang 65145

pada daerah tropis. Pada kondisi iklim dan situasi pengairan tidak memungkinkan untuk ditanami padi dan jagung, akan tetapi sorgum masih dapat tumbuh dan membuahkan hasil (Hulse, 1980). Di Jawa Timur, sorgum banyak ditanam di daerah daerah pesisir dengan sentra produksi di Pacitan produksi biji 109 ton, Lumajang 9 ton, Lamongan 673 ton, Sampang 539 ton, Pamekasan 23 ton, dan Sumenep 501 ton (Anonim, 2003).

Pemanfaatan tepung sorgum menjadi berbagai macam produk masih mengalami berbagai macam kendala. Meskipun dengan proses penyosohan kulit sorgum telah dapat menurunkan kadar tanin yang ada, tetapi masih ada sifat-sifat fungsional lain yang perlu diperbaiki untuk menghasilkan produk yang baik.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian diketahui bahwa proses fosforilasi dapat menurunkan daya cerna pati. Pati yang memiliki daya cerna rendah (sulit dicerna) dapat berfungsi seperti serat pangan. Pati ini dapat dimanfaatkan untuk tujuan *terapeutik*, misalnya untuk mengendalikan kadar glukosa dalam darah dan membantu mengendalikan berat badan (Dreher and Berry, 1984 dalam Hariyadi, 1993).

Pengaruh proses fosforilasi terhadap daya cerna protein belum banyak dipublikasikan. Tepung sorgum diketahui mempunyai daya cerna protein yang relatif rendah, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh proses fosforilasi tepung sorgum dengan salah satu tujuan ingin mengetahui pengaruh terhadap daya cerna proteinnya. Proses fosforilasi diketahui juga berpengaruh terhadap sifat fungsional tepung yang lainnya, seperti sifat penyerapan air, daya mengembang, viskositas dan warna. Sifat-sifat fungsional tepung ini sangat mempengaruhi mutu produk-produk yang menggunakan tepung sebagai bahan dasarnya, seperti adonan kue produk-produk *pastry*.

Proses fosforilasi dapat dilakukan dengan penambahan *reagen* Sodium Tri-

metafosfat (STMP) dan Sodium Tripoli-fosfat (STPP) dengan konsentrasi 0,05–0,2% dan lama pencampuran 30–60 menit (Wuzburg, 1995). Konsentrasi dan lama pencampuran yang tepat untuk masing-masing jenis tepung tidak sama. Laporan tentang fosforilasi tepung sorgum belum diketahui, untuk itu perlu kajian tentang hal tersebut. Selain itu akan lebih bermanfaat apabila hasil penelitian ini diteruskan sampai pada tahap aplikasi, tepung sorgum terfosforilasi pada berbagai macam adonan kue produk *pastry* yang memerlukan tepung dengan sifat fungsional yang sesuai. Tujuan penelitian: (1) Mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan konsentrasi STPP dan lama pencampurannya pada proses fosforilasi terhadap sifat fungsional tepung sorgum; (2) Mengetahui perbedaan mutu fisik dan organoleptik produk *pastry* yang menggunakan tepung sorgum terfosforilasi sebagai bahan dasar dan produk *pastry* yang menggunakan tepung terigu sebagai bahan dasar.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sorgum jenis ketan (*waxy sorghum*) yang diperoleh dari petani di Kabupaten Pasuruan, Kecamatan Grati, Desa Tlogo. Bahan-bahan lain yang digunakan untuk proses adalah air, plastik dan larutan SO₂ yang diperoleh di Laboratorium Teknik Prosesing Hasil Pertanian dan toko plastik. Bahan-bahan untuk analisa antara lain aquades, kertas saring, petroleum ether, alkohol, HCl, asbes, H₂SO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄, KMnO₄, NaOH, Na tripoli-fosfat, dan larutan Iod. Bahan-bahan untuk membuat adonan kue, antara lain: mentega, gula, emulsifier, telur, dan susu yang diperoleh dari toko bahan kue di Malang.

Peralatan yang digunakan *stop watch*, wadah plastik, kantong plastik, timbangan, dan lemari pengering. Sedangkan per-

alatan yang digunakan untuk analisa adalah, seperangkat alat destilasi, cawan petri, seperangkat alat titrasi, erlemeyer, sentrifuse, mortar, penyaring labu ukur, labu kjeldahl, desikator, dan viscometer.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan kelompok sebagai ulangan dan terdiri dari dua faktor, yaitu:

Faktor pertama (B) adalah konsentrasi STPP

B1 : konsentrasi 0,05%

B2 : konsentrasi 0,10%

B3 : konsentrasi 0,15%

B4 : konsentrasi 0,20%

Faktor kedua (D) adalah lama pencampuran

D1 : lama pencampuran 30 menit

D2 : lama pencampuran 60 menit

Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh $4 \times 2 \times 3 = 24$ unit percobaan.

Pelaksanaan

Penelitian tahap I dilakukan untuk membuat tepung sorgum terfosforilasi dengan mengacu proses fosforilasi yang dijelaskan oleh Seib and Woo, (1999). Bahan yang dipakai untuk fosforilasi adalah sodium tripolifosfat (STPP), dengan katalis Na_2SO_4 , dan dilakukan pengaturan pH dengan NaOH sampai dicapai pH 10, larutan dinetralisasi dengan HCl 1,0 M sampai pH 6,5. Pengendapan dalam lemari es selama 24 jam dan dilakukan pencucian sebanyak 2 kali. Pati yang diperoleh dikeringkan dengan suhu 40°C sampai kadar air 10%. Tepung sorgum terfosforilasi kemudian dianalisa sifat fisik dan fungsionalnya.

Tepung sorgum terfosforilasi yang dihasilkan dari penelitian Tahap II selanjutnya diaplikasikan sebagai bahan dasar pembuatan berbagai macam adonan kue

yang sesuai dengan sifat fungsional masing-masing tepung. Jenis adonan yang digunakan adalah adonan *cake*, *cookies*, dan *pancake*.

Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati pada tepung sorgum. Indeks absorpsi air dan daya mengembangkan (*swelling power*) (Chang *et al.*, 1998), viskositas pada 95°C (viskositas panas), metode modifikasi Hubeis (1985), daya cerna protein, daya cerna pati, kadar fosfor, dengan metode enzimatis gravimetri, penentuan intensitas warna dengan metode (L^* , a^* , b^*) value, dan viskositas pada tepung sorgum terfosforilasi. Daya patah/daya putus yang diukur dengan menggunakan prinsip momen gaya (Susanto dan Yuwono, 2001), dan tekstur dengan menggunakan penetrometer dan *brazillian test*, serta uji organoleptik pada produk kue.

Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh, baik pada penelitian Tahap I maupun penelitian Tahap II akan dianalisa dengan menggunakan analisa sidik ragam. Apabila dari hasil analisa tersebut terdapat pengaruh yang signifikan, akan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (Uji BNT). Analisis data terhadap produk kue yang berbahan dasar tepung sorgum terfosforilasi dengan produk kue yang berbahan dasar tepung terigu dilakukan dengan menggunakan uji t (*independen t-test*), baik untuk parameter fisik maupun parameter organoleptik.

HASIL

Kadar Fosfor

Kadar fosfor tepung sorgum terfosforilasi pada penelitian berkisar antara 385,6–474,5 ppm atau 0,039–0,047%. Kadar fosfor maksimal dalam bahan pangan yang disyaratkan untuk keamanan pangan menurut Smith (1982) dan Seib

and Woo (1999), adalah 0,4% (4000 ppm). Kadar fosfor tepung sorgum terfosforilasi pada penelitian ini sampai dengan penambahan STPP 0,20% masih di bawah batas yang dipersyaratkan (474,46 ppm).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama reaksi dan konsentrasi berpengaruh cukup signifikan pada $\alpha = 0,05$ terhadap kadar fosfor tepung sorgum hasil fosforilasi. Selanjutnya, dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT). Rerata kadar fosfor tepung sorgum terfosforilasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata Kadar Fosfor Tepung Sorgum Terfosforilasi

Konsentrasi STPP (%)	Kadar fosfor (ppm)
0,05	392,99 a
0,10	412,23 b
0,15	455,85 c
0,20	460,56 c
BNT (0,05)	16,55

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$.

Kadar fosfor semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan. Hal ini berarti dengan penambahan STPP dengan konsentrasi yang lebih tinggi mengakibatkan semakin banyak reagen fosfat yang berikatan dengan pati, dengan kata lain reaksi fosforilasi berjalan semakin banyak reagen fosfat yang berikatan dengan pati, dengan kata lain reaksi fosforilasi berjalan semakin efektif atau memiliki derajat modifikasi yang tinggi.

Faktor waktu reaksi juga berpengaruh nyata terhadap kadar fosfor tepung sorgum terfosforilasi (Tabel 2). Waktu reaksi 60 menit menghasilkan tepung sorgum terfosforilasi dengan kadar fosfor yang lebih tinggi dari pada waktu reaksi 30 menit. Hal ini berarti semakin lama waktu reaksi memungkinkan terjadinya penetrasi reagen STPP ke dalam granula pati se-

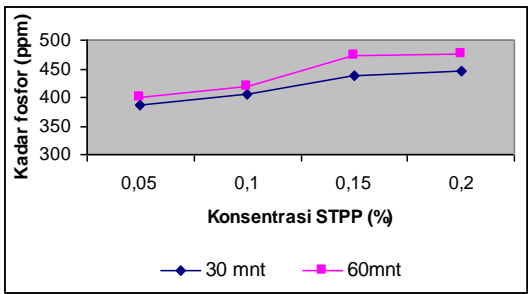
makin baik sehingga kadar fosfor meningkat.

Tabel 2. Rerata Kadar Fosfor Tepung Sorgum Terfosforilasi

Lama reaksi (menit)	Kadar fosfor (ppm)
30	419,07 a
60	440,79 b
BNT (0,05)	11,70

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Hubungan antara konsentrasi STPP dengan kadar fosfor mengikuti persamaan $Y = 430,11X + 365,31$ untuk waktu reaksi 30 menit dan $Y = 554,71X + 376,46$ untuk waktu reaksi 60 menit (Gambar 1). Hubungan tersebut menunjukkan korelasi positif dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,788$ untuk waktu reaksi 30 menit dan $R^2 = 0,825$ untuk waktu reaksi 60 menit. Hal ini menunjukkan kadar fosfor dipengaruhi oleh konsentrasi STPP sebesar masing-masing 78,8% dan 82,5%.



Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi STPP dan Kadar Fosfor

Daya Cerna Pati (*In vitro*)

Penambahan STPP pada tepung sorgum mengakibatkan penurunan daya cerna patinya. Tepung sorgum terfosforilasi pada penelitian ini mempunyai nilai daya cerna pati berkisar antara 84,18–70,75%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor konsentrasi STPP dan interaksi kedua faktor berpengaruh nyata terhadap nilai daya cerna pati sedangkan faktor

lama reaksi tidak berpengaruh nyata. Rerata nilai daya cerna pati pada berbagai lama reaksi dan konsentrasi STPP disajikan pada Tabel 3.

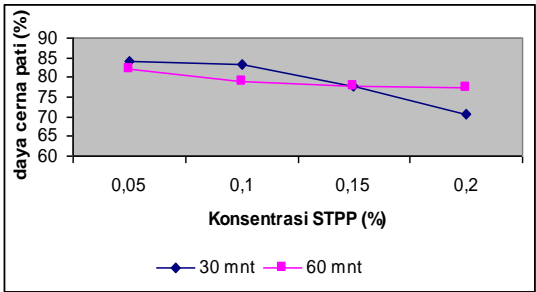
Tabel 3. Rerata Nilai Daya Cerna Pati (%) Tepung Sorgum Terfosforilasi

Kombinasi Perlakuan Konsentrasi STPP (%) dan Lama Reaksi (menit)	Rerata Nilai Daya Cerna Pati (%)
0,05;30	84,18 e
0,05;60	81,95 d
0,10;30	83,84 de
0,10;60	79,00 c
0,15;30	77,51 cd
0,15;60	77,75 bc
0,20;30	70,75 a
0,20;60	77,32 b
BNT (0,05)	1,58

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Nilai daya cerna pati tepung sorgum terfosforilasi semakin menurun sejalan dengan semakin tingginya konsentrasi STPP yang digunakan (Gambar 2). Hal ini sesuai dengan pernyataan Wuzburg (1995) dan Seib and Woo (1999), bahwa proses fosforilasi dan adanya substituen akan menurunkan daya cerna pati.

Hubungan antara konsentrasi STPP dengan caya cerna pati mengikuti persamaan $y = 90,52 - 92,19X$ untuk waktu reaksi 30 menit dan $y = 82,79 - 30,33X$. Hubungan tersebut menunjukkan korelasi negatif dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,903$ untuk waktu reaksi 30 menit dan $R^2 = 0,733$, yang berarti daya cerna pati dipengaruhi oleh konsentrasi STPP sebesar 90,3% dan 73,3%.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi STPP dengan Daya Cerna Pati

Daya Cerna Protein (*In Vitro*)

Hasil analisis ragam daya cerna protein tepung sorgum menunjukkan bahwa interaksi kedua faktor berpengaruh cukup signifikan pada $\alpha = 0,05$. Rerata nilai daya cerna protein tepung sorgum terfosforilasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata Nilai Daya Cerna Protein (%) Tepung Sorgum Terfosforilasi

Kombinasi Perlakuan Konsentrasi STPP (%) dan Lama Reaksi (menit)	Rerata Nilai Daya Cerna Pati (%)
0,05;30	38,94 a
0,05;60	40,34 b
0,10;30	40,48 b
0,10;60	40,94 b
0,15;30	47,47 c
0,15;60	47,55 c
0,20;30	52,76 d
0,20;60	52,79 d
BNT (0,05)	0,74

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Nilai daya cerna protein tepung sorgum terfosforilasi berkisar antara 38,94–52,79%. Nilai cerna protein tepung sorgum ini masih lebih rendah jika dibanding dengan sereal yang lain. Sebagai perbandingan nilai daya cerna protein terigu 81%, jagung 73%, dan beras 66% (Mudjishono, 1990). Rendahnya daya cerna protein tepung sorgum ini karena adanya kompleks tannin-protein yang merupakan faktor pembatas utama penggunaan protein (Chibber *et al*, 1980).

Viskositas

Viskositas yang diukur pada penelitian ini adalah viskositas panas, yaitu viskositas pada suhu 80°C. Hal ini berkaitan dengan pengembangan adonan pada saat dipanaskan pada proses pembuatan produk. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi STPP dan

interaksi kedua faktor berpengaruh cukup signifikan pada $\alpha = 0,05$ terhadap viskositas tepung sorgum terfosforilasi. Rerata nilai viskositas tepung sorgum disajikan pada Tabel 5.

Nilai viskositas tepung sorgum terfosforilasi berkisar antara 2,13–2,9 dPaS. Nilai viskositas tepung sorgum terfosforilasi semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi STPP yang digunakan. Meningkatnya nilai viskositas tepung sorgum terfosforilasi ini diduga disebabkan oleh penggabungan dan pengikatan gugus fungsional (substituen). Hal ini sesuai dengan pernyataan Zapzalis and Beck (1986), bahwa adanya penggabungan dan pengikatan gugus fungsional (substituen) menurunkan ikatan intermolekuler, meningkatkan sifat hidrolik dan viskositas. Rerata nilai viskositas tepung sorgum disajikan pada Tabel 5.

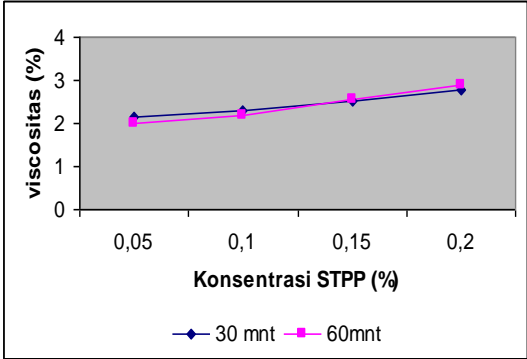
Tabel 5. Rerata Nilai Viskositas Tepung Sorgum Terfosforilasi

Kombinasi Perlakuan STPP (%) dan Lama Reaksi (menit)	Rerata nilai Viskositas (dPaS)
0,05;30	2,13 ab
0,05;60	1,99 a
0,10;30	2,29 b
0,10;60	2,19 b
0,15;30	2,51 c
0,15;60	2,54 c
0,20;30	2,76 d
0,20;60	2,90 d
BNT (0,05)	0,19

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Hubungan antara konsentrasi STPP dan nilai viskositas tepung sorgum terfosforilasi mengikuti persamaan $y = 4,19X + 1,90$ untuk waktu reaksi 30 menit dan $y = 4,05X + 1,8$ untuk waktu reaksi 60 menit. Hubungan tersebut menunjukkan korelasi positif dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,973$ dan $0,89$ masing-masing

untuk waktu reaksi 30 menit dan 60 menit. Hal ini berarti nilai viskositas dipengaruhi oleh konsentrasi STPP sebesar 97,3% dan 89%. Garfik hubungan konsentrasi STPP dan nilai viskositas tepung sorgum terfosforilasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Konsentrasi STPP dan Viskositas Tepung

Indeks Absorpsi Air

Nilai indeks absorpsi air tepung sorgum terfosforilasi hasil penelitian ini berkisar antara 2,40–2,46 g/g. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi perlakuan konsentrasi dan waktu reaksi berpengaruh cukup signifikan pada $\alpha = 0,05$. Nilai indeks absorpsi air terendah ada pada perlakuan konsentrasi STPP 0,05% dan waktu reaksi 30 menit, sedangkan nilai indeks absorpsi air tertinggi ada pada perlakuan konsentrasi STPP 0,20% dan waktu reaksi 60 menit. Rerata nilai indeks absorpsi air tepung sorgum terfosforilasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rerata Nilai Indeks Absorpsi Air Tepung Sorgum Terfosforilasi

Kombinasi Perlakuan STPP (%) dan Lama Reaksi (menit)	Rerata Nilai Viskositas (dPaS)
0,05;30	2,40 a
0,05;60	2,41 b
0,10;30	2,41 b
0,10;60	2,43 c
0,15;30	2,44 d

0,15;60	2,44 d
0,20;30	2,45 e
0,20;60	2,46 f
BNT (0,05)	0,005

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Daya Mengembang (Swelling Power)

Daya mengembang tepung sorgum terfosforilasi berkisar antara 8,79–10,72 g/g. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi STPP dan lama reaksi serta interaksi kedua faktor berpengaruh cukup signifikan pada $\alpha = 0,05$ terhadap nilai daya mengembang tepung sorgum terfosforilasi. Rerata nilai daya mengembang tepung sorgum terfosforilasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rerata Nilai Daya Mengembang Tepung Sorgum Terfosforilasi

Kombinasi Perlakuan Konsentrasi STPP (%) dan Lama Reaksi (menit)	Rerata Nilai Daya Mengembang (g/g)
0,05;30	8,79 a
0,05;60	9,15 b
0,10;30	9,10 b
0,10;60	9,59 c
0,15;30	9,72 c
0,15;60	10,22 e
0,20;30	9,88 d
0,20;60	10,72 f
BNT (0,05)	0,15

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Warna

Nilai L tepung sorgum terfosforilasi pada hasil penelitian ini berkisar antara 64,3–65,37 seperti disajikan pada Tabel 8. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi STPP memberikan pengaruh yang signifikan pada $\alpha = 0,05$, sedangkan perlakuan waktu reaksi dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh nyata. Rerata nilai L* tepung sorgum terfosforilasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rerata Nilai L* Tepung Sorgum Terfosforilasi

Konsentrasi STPP (%)	Nilai L* (kecerahan)
0,05	64,73 a
0,10	64,53 a
0,15	64,77 a
0,20	65,17 b
BNT (0,05)	0,368

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata $\alpha = 0,05$.

Aplikasi Tepung Sorgum Terfosforilasi pada Berbagai Adonan Kue (Pastry)

Cake

Tepung sorgum terfosforilasi yang diaplikasikan untuk produk *cake* adalah tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional penyerapan air (indeks absorpsi air) dan daya pengembang yang tertinggi. Tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional seperti yang dimaksud adalah tepung sorgum dengan perlakuan konsentrasi STPP 0,20% dan lama reaksi 60 menit. Kedua sifat fungsional ini diharapkan dapat menghasilkan produk *cake* yang dapat mengembang bagus dan mempunyai tekstur yang baik (lunak dan halus).

Berdasarkan independent t test, diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara daya putus *cake* yang dibuat dengan bahan dasar tepung terigu dan *cake* yang dibuat dengan bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi. Rerata daya patah *cake* yang dibuat dari tepung terigu adalah 87,78 g/cm², sedangkan rerata gaya putus *cake* yang dibuat dengan tepung sorgum terfosforilasi adalah 24,87 g/cm². Nilai rerata daya putus yang rendah berarti produk tersebut lebih mudah putus dari pada produk yang mempunyai daya putus tinggi.

Hasil uji t untuk parameter tekstur menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara tekstur *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu dan tekstur *cake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Rerata nilai tekstur *cake* yang dibuat dari bahan dasar

tepung terigu adalah 0,075 mm/g dt, sedangkan rerata tekstur *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi adalah 0,049 mm/g dt. Hasil uji t untuk parameter warna menunjukkan bahwa warna (dalam hal ini yang diukur adalah nilai L yang menunjukkan indikator kecerahan) *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu dan *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$. Meskipun ada perbedaan warna antara tepung terigu dengan tepung sorgum terfosforilasi, tetapi setelah menjadi produk dan dihitung dengan uji statistik hasilnya tidak cukup signifikan untuk menyatakan perbedaan.

Penyajian perbandingan volume *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu dan *cake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi dilakukan secara visual, dengan pengukuran langsung ketinggian masing-masing *cake*. Pengukuran ini dilakukan dengan membuat kondisi panjang dan lebar masing-masing *cake* dibuat sama dengan cara mencetak masing-masing *cake* pada loyang yang sama. Volume *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu (1645 cm³) lebih besar daripada volume *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi (1210 cm³). Hal ini disebabkan nilai *swelling power* atau daya mengembang pati tepung terigu hasil pengukuran yang dilakukan (18,02 g/g) masih lebih tinggi dari nilai daya mengembang tepung sorgum terfosforilasi yang dipakai untuk *cake* (10,72 g/g).

Cookies

Tepung sorgum terfosforilasi yang sesuai untuk produk *cookies* adalah tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional penyerapan air dan daya pengembangan yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah. Tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional seperti yang dimaksud adalah tepung sorgum dengan perlakuan konsen-

trasi STPP 0,15% dan lama reaksi 30 menit. Kedua sifat fungsional ini diharapkan dapat menghasilkan produk *cookies* yang garing dan renyah.

Berdasarkan hasil uji t menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara daya patah *cookies* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu dan *cookies* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi. Rerata daya patah *cookies* yang dibuat dari tepung terigu adalah 462,63 N/m sedangkan daya patah *cookies* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi adalah 137,74 N/m.

Hasil uji t terhadap tekstur *cookies* menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara tekstur (tingkat kekerasan) *cookies* yang dibuat dari tepung terigu dan *cookies* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Rerata nilai tekstur *cookies* hasil pengukuran dengan *brazillian test* adalah 0,33 kg/cm² untuk *cookies* yang dibuat dari tepung terigu dan 0,17 kg/cm² untuk *cookies* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Cookies yang terbuat dari tepung terigu mempunyai tekstur yang lebih keras dari pada cookies yang terbuat dari tepung sorgum terfosforilasi.

Hasil uji t untuk warna *cookies* menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara warna *cookies* yang dibuat dari Rerata nilai L *cookies* yang terbuat dari tepung terigu adalah 29,7 dan rerata nilai L untuk *cookies* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi adalah 31,63. Warna *cookies* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi lebih cerah dari pada warna *cookies* yang dibuat dari tepung terigu.

Pancake (adonan dadar)

Tepung yang digunakan untuk membuat *pancake* tidak memerlukan persyaratan tertentu, namun agar mempermudah pada saat proses pembuatannya lebih baik digunakan tepung dengan sifat fungsional penyerapan air yang rendah. Tepung sor-

gum terfosforilasi yang diaplikasikan untuk produk *pancake* adalah tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional penyerapan air (indeks absorpsi air) yang paling rendah. Tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai sifat fungsional seperti yang dimaksud adalah tepung sorgum dengan perlakuan konsentrasi STPP 0,05% dan lama reaksi 30 menit. Sifat fungsional ini diharapkan dapat menghasilkan produk *pancake* yang baik dan memudahkan pada saat penggorengan.

Hasil uji t (independen t test) menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara daya putus *pancake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu dan *pancake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi. Rerata daya putus *pancake* yang dibuat dari tepung terigu adalah 137,43 g/cm² sedangkan daya putus *pancake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi adalah 26,3 g/cm². *Pancake* yang terbuat dari tepung sorgum terfosforilasi lebih rapuh daripada *pancake* yang terbuat dari tepung terigu. Tingginya nilai daya putus *pancake* yang dibuat dari tepung terigu disebabkan karena adanya protein gluten yang dikandung oleh tepung terigu.

Hasil uji independen t test terhadap tekstur *pancake* menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara tekstur *pancake* yang dibuat dari tepung terigu dan *pancake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Rerata nilai tekstur *pancake* hasil pengukuran dengan penetrometer adalah 0,014 mm/g dt untuk *pancake* yang dibuat dari tepung terigu dan 0,028 mm/g dt untuk *pancake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Nilai tekstur yang lebih tinggi menunjukkan bahwa produk tersebut lebih lunak daripada produk dengan nilai tekstur yang lebih rendah.

Hasil uji t untuk warna *pancake* menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ antara warna *pancake* yang dibuat dari tepung terigu dan

pancake yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi. Warna *pancake* yang dibuat dari tepung terigu lebih cerah dengan nilai L 53,2 dari pada *pancake* yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi dengan nilai L = 36,9.

Hasil analisa menggunakan uji t menunjukkan bahwa semua mutu organoleptik (penampakan, rasa, aroma, warna dan tekstur) *pancake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$ dengan mutu organoleptik *pancake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu pada $\alpha = 0,05$.

PEMBAHASAN

Kadar Fosfor

Kadar fosfor menunjukkan efektivitas reaksi fosforilasi yang terjadi atau derajat modifikasi. Efektivitas reaksi fosforilasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lama reaksi, konsentrasi reagen fosforilasi, temperatur dan pH (Seib dan Woo, 1999). Pada penelitian ini, faktor yang dipilih sebagai perlakuan adalah lama reaksi dan konsentrasi reagen fosforilasi. Penentuan suhu dilakukan melalui penelitian pendahuluan yang dilakukan sebelum penelitian utama. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa temperatur yang paling efektif untuk reaksi fosforilasi ini adalah suhu 45°C, sedangkan untuk pH mengacu pada pustaka yang ada bahwa reaksi fosforilasi ini efektif dalam keadaan basa. Menurut Seib dan Woo (1999), reaksi dikerjakan pada pH 10.

Daya Cerna Pati (*In vitro*)

Modifikasi kimia pada pati menunjukkan penghambatan terhadap daya cerna pati secara *invitro*. Besarnya penghambatan bergantung pada derajat modifikasi dan tipe modifikasi. Faktor lain yang berpengaruh adalah jenis pati, reagen pen-

substitusi, ikatan kimia dan turunan yang terbentuk. Proses fosforilasi dan adanya beberapa substituen menurunkan daya cerna pati (Seib and Woo, 1999). Pati yang memiliki daya cerna rendah (sulit dicerna) dapat berfungsi sebagai serat pangan. Pati ini dapat dimanfaatkan untuk tujuan *terapeutik*, misalnya untuk mengendalikan kadar glukosa dalam darah dan membantu mengendalikan berat badan (Dreher and Berry, 1984 di dalam Haryadi, 1993).

Daya Cerna Protein (*In Vitro*)

Nilai cerna protein ini meningkat dengan semakin meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan. Pengaruh STPP secara langsung terhadap nilai cerna protein belum diketahui secara pasti. Tetapi ada kemungkinan STPP dapat menyerang ikatan disulfida sehingga protein terpecah menjadi asam amino dengan berat molekul yang lebih rendah akibatnya protein menjadi lebih mudah dicerna. Sama seperti pada sereal pada umumnya, pada sorgum ini juga banyak mengandung asam amino yang mempunyai gugus S (sistein dan metionin).

Pada penelitian ini, meningkatnya daya cerna protein diduga juga disebabkan oleh pengaruh penambahan NaOH selama proses fosforilasi. Penambahan NaOH pada proses ini dimaksudkan untuk membuat kondisi basa, karena STPP efektif bekerja pada kondisi basa (Seib and Woo, 1999). Menurut Budi Saneto (1996), tannin mudah larut dengan NaOH, ini berarti selama proses fosforilasi ada tannin yang larut dengan NaOH dan hilang selama pencucian. Hilangnya tanin selama proses berakibat pada turunnya kadar tanin tepung sorgum terfosforilasi, dan hal ini secara tidak langsung berpengaruh terhadap meningkatnya daya cerna protein tepung. Menurut Hewitt, 1979 (dalam Muchtadi, 1993), adanya tanin pada sor-

gum dapat menurunkan daya cerna proteinnya.

Viskositas

Peningkatan sifat hidrofilik mengakibatkan pengikatan air ke dalam granula pati menjadi lebih cepat dan jumlah air bebas semakin sedikit sehingga viskositas tepung meningkat. Hal ini didukung oleh pendapat Wuzburg (1995) dan Mc. William (1998), yang menyatakan bahwa viskositas pati meningkat setelah mengalami proses fosforilasi.

Menurut Zapsalis and Beck (1986); Wuzburg (1995); dan Liu Ramsden and Corke, 1999), mekanisme fosforilasi adalah melalui penyerangan dan masuknya muatan negatif grup fosfat pada rantai yang berdekatan. Hal tersebut mengakibatkan tolak menolak antar rantai pati yang berdekatan dan menurunkan ikatan *interchain* sehingga menyebabkan pati lebih mudah terhidrasi. Penggunaan konsentrasi STPP yang tinggi dan waktu reaksi yang lama mengakibatkan ikatan intermolekuler semakin menurun sehingga air semakin mudah terhidrasi dan nilai indeks absorpsi air menjadi tinggi.

Indeks Absorpsi Air

Nilai indeks absorpsi air tepung sorgum terfosforilasi memegang peranan penting sebagai salah satu sifat fungsional tepung sorgum terfosforilasi. Hal ini disebabkan besarnya nilai indeks absorpsi air sangat berpengaruh terhadap kesesuaian jenis adonan pada produk-produk adonan kue. Masing-masing jenis adonan untuk dapat menghasilkan produk kue yang bagus membutuhkan jenis tepung dengan nilai indeks absorpsi air yang berbeda-beda. Menurut Anonymous (1983) nilai indeks absorpsi air ini berpengaruh terhadap mutu produk kue (*pastry*). Tepung yang mempunyai indeks absorpsi air tinggi sesuai untuk adonan *cake*. Nilai indeks absorpsi yang tinggi mengakibatkan

semakin mudahnya penyerapan air oleh tepung sehingga hal ini akan mempengaruhi daya mengembang adonan pada saat dipanggang. Nilai indeks absorpsi yang rendah sesuai untuk adonan goreng (adonan frituur) seperti pada *pancake* (dadar) atau sering juga disebut sebagai adonan dadar. Untuk mendapatkan *pancake* yang bagus sebaiknya digunakan tepung yang mempunyai daya serap air yang rendah. Tepung dengan daya serap air yang rendah juga membantu dalam proses penggorengan.

Tepung dengan nilai indeks absorpsi tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah sangat cocok untuk adonan *cookies*. Nilai indeks absorpsi yang tidak terlalu tinggi maupun tidak terlalu rendah akan menghasilkan produk *cookies* yang lebih garing dan renyah dengan tekstur yang tidak terlalu keras. Tepung dengan nilai indeks absorpsi rendah akan menghasilkan *cookies* yang keras (Anonymous, 1983).

Daya Mengembang (*Swelling Power*)

Nilai daya mengembang tepung sorgum terfosforilasi yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya waktu reaksi dan konsentrasi STPP ini, juga disebabkan oleh menurunnya ikatan antar molekuler pati. Menurut Tian and Blanshard (1991), ikatan kimia yang semakin kuat akan menghambat pengembangan granula pati. Sedangkan menurut Zapsalis and Beck (1986) dan Liu and Corke (1999), gugus negatif fosfat pada proses fosforilasi menyebabkan tolak menolak antar rantai pati yang berdekatan dan menurunkan ikatan *interchain*, menyebabkan pati lebih mudah terhidrasi dan mengembang. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan kadar fosfor mengakibatkan menurunnya ikatan intermolekuler sehingga nilai *swelling power* meningkat.

Sifat daya mengembang tepung ini juga merupakan sifat fungsional tepung sor-

gum terfosforilasi yang cukup penting. Tepung sorgum yang mempunyai sifat mengembang yang besar sesuai untuk produk yang membutuhkan pengembangan dalam proses pemanasannya, seperti pada *cake*. *Cake* yang bermutu baik adalah *cake* yang bisa mengembang dengan baik sehingga tidak menghasilkan *cake* yang bantat (keras dan tidak mengembang). Tetapi tidak semua produk kue (*pastry*) membutuhkan pengembangan pada produknya seperti misalnya pada *pancake* dan *cookies*. *Cookies* membutuhkan tepung yang mempunyai sifat daya mengembang tidak terlalu tinggi tetapi juga tidak terlalu rendah. Sifat tepung yang mempunyai daya mengembang terlalu tinggi akan menyebabkan *cookies* pecah, sedangkan tepung dengan sifat daya mengembang yang terlalu rendah dapat menghasilkan *cookies* dengan yang keras. *Pancake* atau adonan goreng pada umumnya relatif tidak memerlukan tepung dengan persyaratan khusus, sehingga tepung dengan nilai daya mengembang yang rendah dapat digunakan untuk produk ini (Anonymous, 1983).

Warna

Nilai L^* tepung sorgum terfosforilasi pada penelitian ini berkisar antara 64,53–65,23. Nilai L^* tepung sorgum terfosforilasi ini lebih rendah jika dibandingkan nilai L^* tepung sorgum sebelum proses fosforilasi (71,5). Hal ini sesuai dengan pernyataan Wuzburg (1989) dalam Suryani, Haryadi dan Santosa (1999), bahwa proses fosforilasi menyebabkan warna tepung semakin gelap, tetapi belum diketahui penyebabnya. Namun, pada penelitian ini warna yang lebih gelap tersebut diduga disebabkan oleh terjadinya oksidasi senyawa polifenol. Hal ini didukung oleh pernyataan Muchtadi (1983), bahwa senyawa polifenol dapat teroksidasi dalam suasana alkalis menghasilkan radikal orto-semikuionon atau molekul orto-kuionon

yang bersifat sangat reaktif dan biasanya bereaksi lebih lanjut untuk menghasilkan produk berwarna coklat. Pada sorgum, senyawa polifenol terdapat di dalam testa yang merupakan lapisan zat warna/pigmen.

Aplikasi Tepung Sorgum Terfosforilasi pada Berbagai Adonan Kue (*Pastery*)

Cake

Cake yang dibuat dengan bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi mempunyai daya putus yang lebih rendah daripada *cake* yang dibuat dengan bahan dasar tepung terigu. Hal ini disebabkan karena tepung terigu mempunyai gluten yang cukup banyak sedangkan tepung sorgum terfosforilasi mempunyai gluten yang lebih sedikit. Berdasarkan hasil penelitian Walidah, E. (2002), diketahui bahwa peningkatan proporsi STPP pada proses fosforilasi tepung sagu menyebabkan menurunnya kadar protein glutennya.

Nilai tekstur yang lebih tinggi menunjukkan bahwa produk lebih lunak daripada produk yang mempunyai nilai tekstur yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena daya penyerapan airnya. Daya penyerapan air dari tepung sorgum terfosforilasi (2,46 g/g) masih lebih rendah dari daya penyerapan air tepung terigu (berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan daya penyerapan air tepung terigu 2,48 g/g). Menurut Li and Yeh (2001), pati yang mempunyai kapasitas absorpsi air yang tinggi akan menghasilkan nilai *swelling power* atau daya mengembang pati yang besar. Daya mengembang pati yang besar akan menghasilkan produk dengan pengembangan yang besar pula. Produk dengan pengembangan yang besar mengakibatkan teksturnya menjadi lebih lunak.

Hasil analisa nonparametrik menggunakan uji t menunjukkan bahwa semua mutu organoleptik (penampakan, rasa, aroma, warna dan tekstur) *cake* yang di-

buat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi tidak berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$ dengan mutu organoleptik *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu. Hal ini berarti meskipun *cake* yang terbuat dari bahan dasar tepung sorgum dan *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi secara mutu fisik berbeda namun secara organoleptik panelis tidak dapat merasakan perbedaan tersebut, sehingga hal ini dapat diartikan produk *cake* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi dapat diterima oleh panelis. Perbedaan ini disebabkan karena alat ukur fisik mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi dibanding pengukuran secara organoleptik.

Cookies

Cookies yang terbuat dari tepung sorgum terfosforilasi lebih renyah dari pada *cookies* yang terbuat dari tepung terigu. Hal ini ditunjukkan oleh nilai daya patah *cookies* yang terbuat dari tepung sorgum terfosforilasi lebih rendah dari pada *cookies* yang terbuat dari tepung terigu. *Cookies* yang terbuat dari tepung sorgum terfosforilasi ini juga belum menunjukkan sifat mudah hancur.

Hasil analisa nonparametrik menggunakan uji t menunjukkan bahwa semua mutu organoleptik (penampakan, rasa, aroma, warna dan tekstur) *cookies* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi tidak berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$ dengan mutu organoleptik *cookies* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu pada $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti meskipun *cookies* yang terbuat dari bahan dasar tepung sorgum dan *cookies* yang dibuat dari bahan dasar tepung sorgum terfosforilasi secara mutu fisik berbeda namun secara organoleptik panelis tidak dapat merasakan perbedaan tersebut. Perbedaan ini disebabkan karena alat ukur fisik mempunyai sensitivitas

yang lebih tinggi dibanding pengukuran secara organoleptik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulannya dapat dinyatakan sebagai berikut: (1) Kombinasi perlakuan konsentrasi STPP dan lama reaksi berpengaruh terhadap sifat fungsional tepung sorgum. Tepung sorgum terfosforilasi yang mempunyai nilai kadar fosfor tertinggi (474,46 ppm), daya cerna protein tertinggi (52,79%) adalah perlakuan fosforilasi 60 menit dengan konsentrasi STPP 0,20%. Sedangkan perlakuan yang memberikan nilai daya cerna pati terendah (70,75%) adalah fosforilasi 30 menit dengan konsentrasi STPP 0,20%; (2) Tepung sorgum terfosforilasi yang diaplikasikan untuk produk *cake* adalah tepung sorgum yang mempunyai nilai indeks absorpsi air tertinggi (2,46 g/g) dan mempunyai nilai daya mengembang (*swelling power*) tertinggi (10,72 g/g) yaitu tepung sorgum dengan perlakuan lama reaksi 60 menit dan konsentrasi STPP 0,20%. Produk *cookies* menggunakan tepung sorgum dengan nilai indeks absorpsi tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah (2,44 g/g), yaitu tepung sorgum dengan perlakuan fosforilasi 30 menit dan konsentrasi STPP 0,15%. Sedangkan untuk *pancake* digunakan tepung sorgum dengan nilai indeks absorpsi air terendah (2,41), yaitu tepung sorgum dengan perlakuan fosforilasi 30 menit dan konsentrasi STPP 0,05%; dan (3) Hasil uji t mutu fisik untuk produk yang dibuat dari tepung sorgum terfosforilasi dibandingkan dengan produk yang dibuat dari tepung terigu menunjukkan ada perbedaan yang signifikan (berbeda nyata pada taraf 0,05), sedangkan uji t untuk mutu organoleptik menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Selanjutnya, dapat disarankan sebagai berikut: (1) Masih terbuka peluang untuk mencoba mengaplikasikan tepung sorgum terfosforilasi pada produk-produk lain,

selain yang telah dilakukan pada penelitian ini; (2) Ada baiknya perbandingan mutu produk dilakukan dengan tepung sorgum sebelum difosforilasi, tidak hanya dibandingkan dengan tepung terigu.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim. 2003. *Inovasi Teknologi Pangan*. Balai penelitian pertanian. Bogor. <http://www.puslittan.bogor.net/Inov.ek.pangan.htm>.
- Anonim. 2003. *Jawa Timur dalam Angka 2002*. Biro Pusat Statistik Jawa Timur. Indonesia.
- Anonymous. 2004. *Codex Stan 173–1989* (Rev. 1–1995)
- Chibber, B.A.K., Mertz, E.T. and Axcell, J.D. *Invitro Digestibility of High-tannin sorghum at Different Stages Dehulling*, journal of Agricultural and Food Chemistry 28 (1980) 160 -161
- Haryadi. 1993. Dasar-dasar dan Pemanfaatan Ilmu dan Teknologi Pati. *Agritech Journal* 13(3):37-42.
- Hulse, J.M., E.M. Laing & O.E. Pearson. 1980. *Sorghum and The Millets: Their Composition and Nutritive Value*. London: Academic Press.
- Liu, H., Ramsden, L. and Corke, H. 1999. Physical Properties and Enzymatic Digestibility of Phosphorilated wx and Normal Maize Starch Prepared at Different pH level. *Cereal Chem.* 76(6):938-943.
- K.S. Woo, M.S. Shin & P.A. Seib. 2003. *49 Cross Linked, Type RS-4 Resistant Starch: Preparation and Properties*. Department of Grain Science and Industry. Kansas State University. Manhattan. <http://www.aaccnet.org/meetings/99mtg/abstracts/acaba49.htm>
- McWilliam, M. 1998. *Food Experimental Perspectives*. Third Edition. Ohio: Merrill.
- Mudjisihono. 1990. Zat Tanin dalam Biji Sorghum dan Usaha untuk Mengurangi Kandungannya, *Media Tekno-*

- logi Pangan Vol 4 (1)*. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Sukamandi
- Muchtadi, D. 1993. *Teknik Evaluasi Nilai Gizi Protein*. Bogor: IPB.
- Saneto, B. 1996. *Pengaruh Konsentrasi dan Lama Rendaman dalam Larutan NaOH pada Pengupasan Sorgum dan Pemanfaatannya pada Biscuit (Tesis)*. Program Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang
- Seib, P.A. dan Woo, K. 1999. *Food Grade Starch Resistant to Alpha Amylase and Method of Preparing The Same*. Kansas State University Research Foundation. *US Patent: 5,855,946*
- Smith, P. S. 1982. *Starch Derivatives and Their Use in Foods*. In *Food Carbohydrate*. Edited by. D. R. Lineback and G.E. Inglet. Westport. Connecticut: AVI. Publ. Co. Inc.
- Susanto, T dan Yuwono, S. 2001. *Buku Pengujian Fisik Pangan*. Surabaya: Unesa University Press.
- Tian, S. J. Rickard, J.E. and Blanshard, J.M. 1991. Physicochemical Properties of Sweet Potatoes Starch. *J. Sci. Food. Agric.* 57:459–491.
- Walidah, E. 2002. *Modifikasi Pati Sagu "Starch Phosphates dan Aplikasinya pada Mie Kering*, Program Pasca-sarjana Universitas Brawijaya Malang
- Wurzburg, O.B. 1995. Modified Starch. In *Food Polysaccharides and Their Application*. (edt. By Stephen). New York: Marcel Decker Inc.
- Zapsalis, C., Beck, R. A. 1986. *Food Chemistry and Nutritional Biochemistry*. Macmillan Publishing Company.